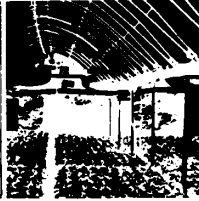


Centre de développement  
des cultures abritées  
du Québec



### SOMMAIRE

Le chauffage du sol sous serre:  
aspects physiques

Essais

Principales recommandations

## LE CHAUFFAGE DU SOL SOUS SERRE: ASPECTS PHYSIQUES

### Introduction

La culture sous serre vise une production maximale par l'optimisation des différents facteurs liés à la croissance. La température de l'air et du sol est un élément important à considérer.

Sous nos conditions climatiques, en début de culture tôt au printemps, le sol demeure trop froid pour permettre une croissance maximale des principales plantes utilisées. Son réchauffement ne s'effectue que par le transfert de la chaleur de l'air de la serre. Ceci ne permet qu'un réchauffement limité et lent du sol tout en obligeant le producteur à chauffer ses serres à cette seule fin.

Le chauffage du sol par une technique appropriée peut réduire les coûts rattachés à son réchauffement et augmenter la production en maintenant le milieu à une température optimale.

Pour recevoir un accueil favorable des producteurs, un système de chauffage du sol doit respecter certaines conditions:

- Souplesse d'utilisation.
- Installation facile et matériaux disponibles.
- Coût peu élevé et rentabilité rapide.
- Durabilité.

De plus, un tel système ne doit pas imposer de modifications majeures aux méthodes de culture.

Le système à circulation d'eau chaude dans une tuyauterie en plastique enfouie dans le sol semble le mieux rencontrer ces exigences. Une série d'essais a été mise sur pied pour en analyser le comportement. Les résultats de ces expériences de même qu'une revue de la littérature pertinente nous ont permis de préciser les recommandations et les méthodes de design des systèmes de chauffage du sol.

Nous rapportons ici les principaux résultats obtenus et quelques points à considérer pour l'installation d'un réseau de chauffage du sol. Celui que nous présentons s'adresse principalement aux serri-culteurs produisant des cultures légumières en plein sol.

Le système de chauffage du sol n'est pas destiné à chauffer la serre, même en partie. La quantité de chaleur transférée du sol à la serre est très faible et n'entre pas dans le bilan thermique.

### ESSAIS

L'expérience visait deux buts principaux:

- Essai d'un système de chauffage du sol adapté aux besoins des producteurs.
- Étude des principales variables d'un système de chauffage du sol.

Lors de l'expérience, tout a été mis en oeuvre pour reproduire le plus exactement possible une situation réelle de culture sous serre.

La circulation d'eau chaude dans un réseau de tuyaux enfouis assurait le chauffage du sol.

### Description des installations

Les essais ont été réalisés au Centre de développement des cultures abritées du Québec (C.D.C.A.Q.) à Sainte-Martine. Nous avons utilisé une section de serre de modèle Parevent de 9 mètres de largeur sur 30 mètres de longueur. La serre était recouverte d'un double polyéthylène posé en gaine, de 1,5 mètre de largeur. Deux fournaies situées dans la serre fournissaient l'air chaud nécessaire à son chauffage. La section utilisée était drainée souterrainement. Le sol de surface, un loam, se composait de 15% à 18% de matière organique. Le sous-sol était une argile lourde.

La mise en place du réseau de chauffage du sol a été effectuée à l'automne de 1981. Les essais ont eu lieu de février à juin 1982. Afin de reproduire les conditions réelles, les parcelles expérimentales ont porté une culture de tomate de serre. La

transplantation a été faite les 5 et 8 février 1982 et la récolte, du 16 avril à la mi-juin.

Entretenu selon les recommandations du guide «Légumes de serre» du Conseil des productions végétales du Québec (C.P.V.Q.), la culture était sous la responsabilité de Fernand Drolet, agronome au C.D.C.A.Q.

L'étude a porté sur trois profondeurs de réseau (305 mm, 457 mm et 610 mm) et sur des écartements variant de 457 mm à 1524 mm. Les températures de l'eau de chauffage ont varié de 31°C à 59°C.

### Aménagement général du système de chauffage du sol

Nous avons divisé la section de serre en trois parcelles: deux chauffées et une témoin. Afin de limiter les pertes en périphérie de la zone chauffée, le pourtour de ces parcelles a été isolé sur 600 mm de profondeur. Les parcelles chauffées mesuraient 7,92 mètres sur 10,67 mètres.

Entre les deux parcelles chauffées, les réseaux de distribution ont été regroupés dans une tranchée isolée de chaque côté et en surface pour limiter les pertes de chaleur. Les équipements associés au système furent placés à proximité (voir figure 1). Nous avons utilisé une conduite de retour commune pour chacune des parcelles.

Les circuits de distribution ont été installés de façon à pouvoir se servir d'un réseau pour l'essai de divers écartements.

### Matériaux utilisés

Nous avons employé des conduites de polyéthylène à haute densité pour la distribution de la chaleur, les collecteurs et les principaux distributeurs. Le bas coût de revient, la souplesse et la facilité d'installation, la flexibilité du produit de même qu'une bonne résistance à la corrosion ont motivé ce choix. La capacité nominale était de 690 kPa pour la majorité des conduites et de 550 kPa pour une certaine partie du système.

Bien que la capacité nominale des tuyaux de polyéthylène soit basée sur 23°C, une température supérieure ne causera pas de dommage, à pression réduite.

Le diamètre des tuyaux latéraux était de 25 mm alors que celui des conduites de distribution, de collection et de retour mesurait 38 mm.

Comme unités de chauffage, nous avons employé des chauffe-eau électriques, faciles d'installation et d'opération. Les pompes choisies étaient du type à circulation, régulièrement utilisées dans les systèmes à eau chaude. Les autres éléments requis pour le bon fonctionnement du réseau comprenaient un réservoir à expansion et des valves de surpression et de saignée.

## Mesures effectuées

Pour évaluer le fonctionnement des divers réseaux, nous avons mesuré les températures du sol de surface à une profondeur de 150 mm. Nous avons également noté les températures sous la serre et la consommation électrique des chauffe-eau.

## Résultats

Chacune des phases de l'expérimentation nous a fourni de précieux renseignements sur notre système de chauffage du sol.

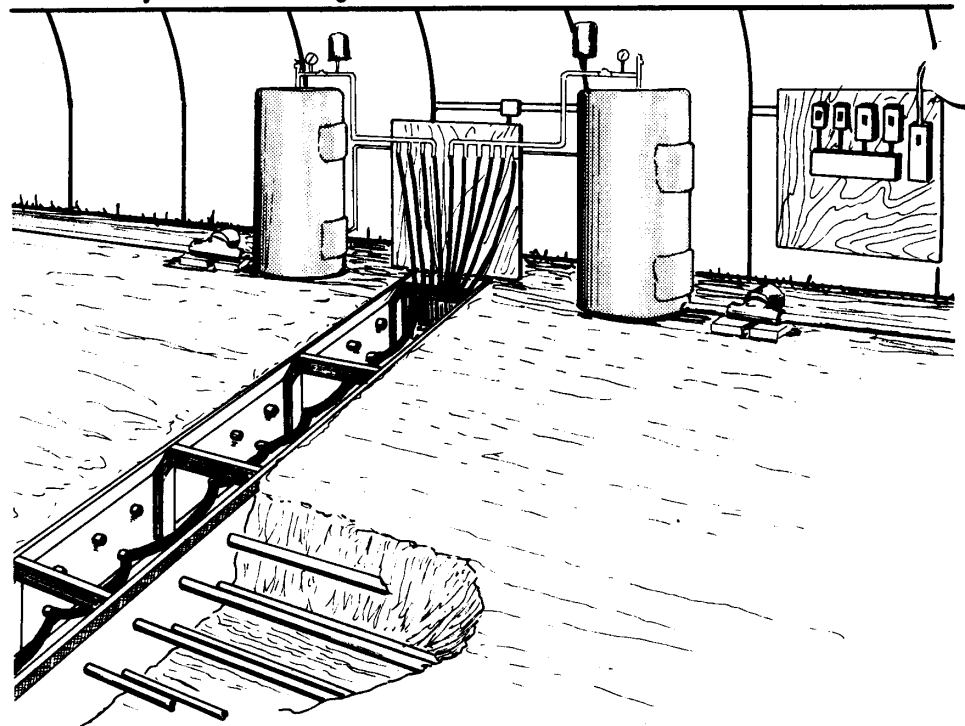
Une petite excavatrice à chaîne a servi au creusage des nombreuses tranchées nécessaires à la mise en place de la tubulure, ce qui a bouleversé le sol, ramenant en surface de la terre de fond.

Les raccords de styrène se sont révélés peu satisfaisants. Ils se brisent facilement. À cause de leur trop grande rigidité, nous avons éprouvé de la difficulté à manier les tuyaux de polyéthylène à haute densité d'une capacité de 690 kPa. Dans la majorité des cas, il a même fallu les chauffer un peu pour faire les jonctions nécessaires. Ceux d'une capacité nominale de 550 kPa se sont avérés plus faciles à manipuler; comme ils sont plus fragiles, on doit faire attention pour ne pas les endommager. Les autres équipements nous ont donné satisfaction.

Lors de la période de fonctionnement, nous avons observé de légères fuites d'eau. À deux reprises cependant, des écoulements importants ont eu lieu à partir des conduites de distribution. Chaque fois, environ 3 000 litres d'eau se sont déversés dans la tranchée principale. Une pompe portable a facilité l'évacuation de toute cette eau. La tranchée principale a donc permis d'éliminer les problèmes qu'un déversement sur le sol aurait entraînés. Les tuyaux de polyéthylène ne se sont pas brisés.

Le chauffage ne semble pas avoir affecté outre mesure l'état physique du sol. Dans l'ensemble, nous n'avons pas observé de dessèchement autour des tuyaux; même avec de l'eau à 59°C, très peu de terre a adhéré aux conduites. Il est probable que cet effet ne se fasse sentir qu'à long terme. Le sol chauffé a séché plus rapidement que le témoin; il a nécessité environ 30% plus d'irrigation.

Figure 1: Aménagement général du système de chauffage du sol



## Période de réchauffement du sol

La température des parcelles chauffées s'est élevée rapidement (voir figure 2). Elle a grimpé à 16°C en 5 jours pour l'essai 1 (profondeur du réseau: 305 mm; écartement: 457 mm; température de l'eau: 33°C) et en 8 jours pour l'essai 5 (profondeur du réseau: 210 mm; écartement: 1524 mm; température de l'eau: 31°C). Bien que l'eau de chauffage n'ait pas été très chaude, la température du sol a monté beaucoup plus rapidement que celle du témoin (non chauffé).

Le réchauffement du sol à 16°C a nécessité 8,15 kW.h/m<sup>2</sup> pour l'essai 1 et 6,8 kW.h/m<sup>2</sup> pour l'essai 5. Signalons que, pendant cette période, la serre était également chauffée.

## Résultats principaux

Nous avons mesuré les effets des systèmes de chauffage du sol sur la température du sol, les écarts de température et la consommation d'énergie.

L'écart de température du sol visait à indiquer l'uniformité de chauffage obtenue.

## Température du sol

La température du sol dépend avant tout de la température de l'eau utilisée.

Cependant, tout au long des essais, le sol s'est réchauffé normalement à cause de la température intérieure de la serre. Pour tenir compte de cette source de chaleur, il a fallu considérer l'augmentation de la température obtenue par rapport au sol témoin non chauffé. Dans l'ensemble, pour chaque hausse de un degré Celsius de l'eau, nous avons obtenu une élévation de la température du sol d'environ un quart de degré.

La température de l'eau est responsable pour environ 85% de celle du sol.

La profondeur et l'écartement influencent plus faiblement la température du sol. Ainsi, un réseau profond et écarté transmet la chaleur moins efficacement; pour atténuer une température donnée en surface, faut une eau plus chaude que pour un réseau plus superficiel.

## Écarts de température du sol

Nous avons noté une certaine variation des températures du sol en surface. Nous n'avons pas relié ces changements à la température de l'eau ou à la profondeur et à l'écartement du réseau. Le manque d'homogénéité du sol serait le responsable en bonne partie. Il faut noter que la conductivité thermique de celui-ci varie assez rapidement selon l'humidité. Avec une culture de tomate, l'alternance de bandes humides et sèches peut modifier le transfert de la chaleur, d'où une variation dans les températures de surface.

## Consommation d'énergie

La quantité d'énergie requise pour maintenir le sol à une température donnée est directement proportionnelle à la hausse de la température du sol. La profondeur et l'écartement du réseau n'ont eu aucune influence. Dans l'ensemble, nous avons obtenu une consommation énergétique moyenne de 0,12 kW.h/jour/m<sup>2</sup> pour une hausse de un degré Celsius.

L'expérience a été satisfaisante. Chacune des phases de l'expérimentation nous a fourni de précieux renseignements, autant sur le système de chauffage du sol que sur les divers éléments à considérer pour un design approprié.

## PRINCIPALES RECOMMANDATIONS

Figure 2: Période de réchauffement du sol (mesures prises à 150 mm de profondeur).

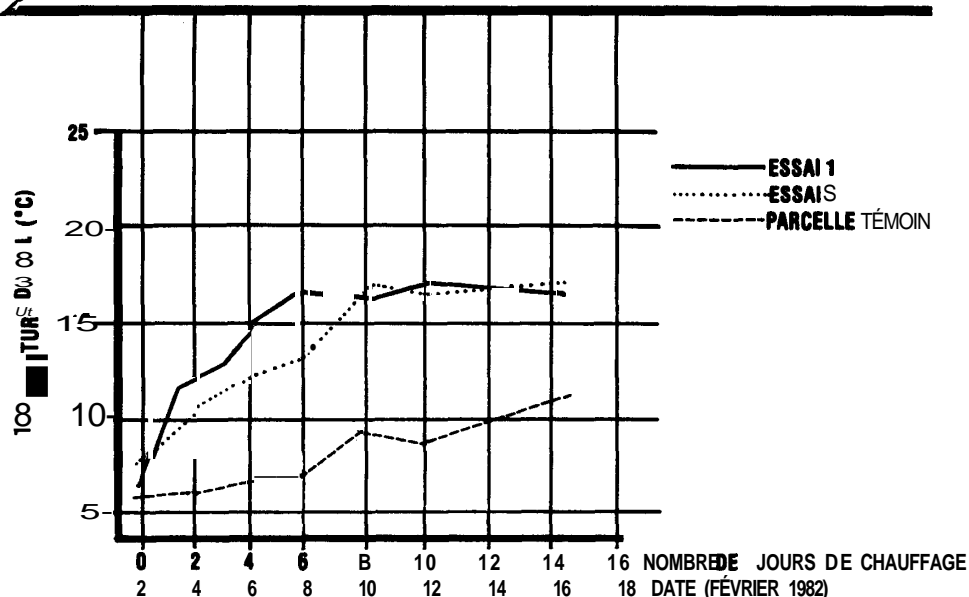


Figure 3: Schéma d'une installation de chauffage du sol

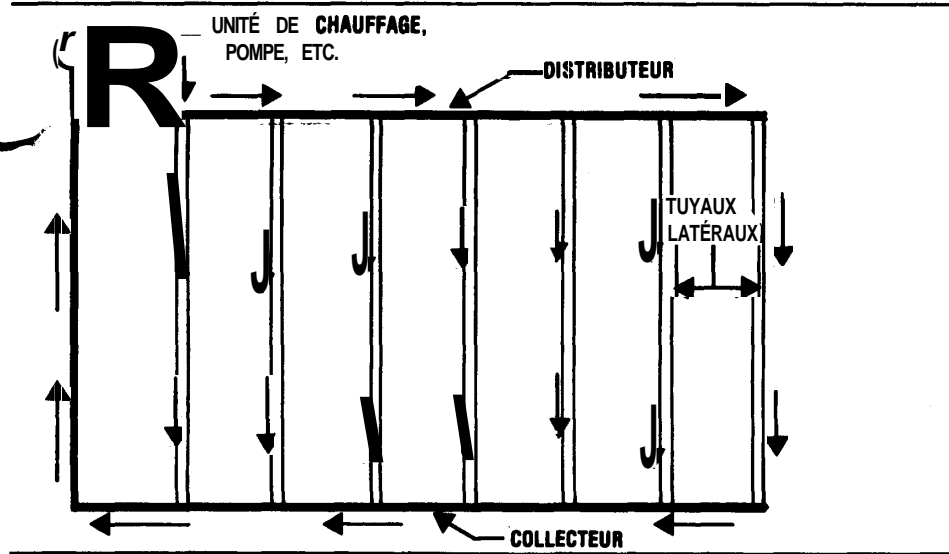
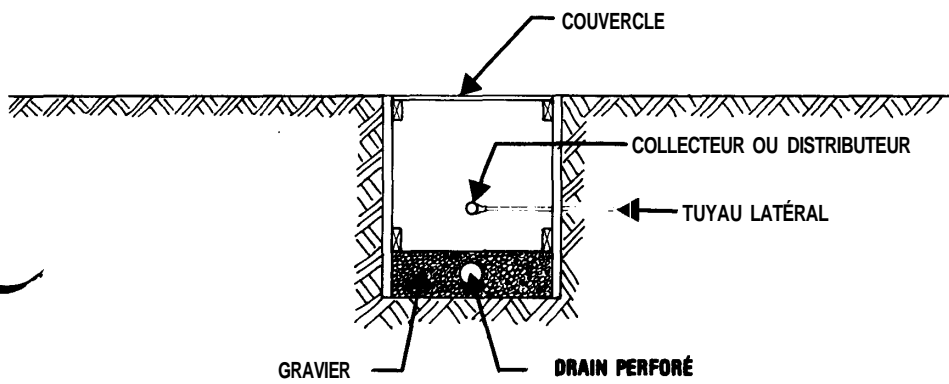


Figure 4: Schéma d'une installation typique des tuyaux distributeurs et collecteurs dans une tranchée.



## Principes de base et aménagement

Le système de chauffage du sol étudié consiste en un réseau de tuyaux de polyéthylène à haute densité enfoui dans le sol, avec une circulation d'eau chaude dans la même direction dans chacune de ces conduites (voir figure 3).

Il faut faire le design du système pour assurer un chauffage uniforme sur toute la surface du sol.

On doit prévoir un réseau de chauffage du sol en fonction de la culture la plus exigeante envisagée.

La méthode de design présentée est basée sur le fonctionnement du système en régime stable.

Un système de chauffage du sol peut normalement être installé dans n'importe quel type de serre.

Pour limiter les pertes de chaleur du sol près des parois, la serre doit posséder une isolation périphérique appropriée.

La diffusion uniforme de la chaleur exige un sol de surface homogène.

Un bon système de drainage souterrain permet de contrôler le niveau de la nappe d'eau et élimine les surplus d'eau dans le sol. Cette réduction de l'humidité en profondeur limite les pertes de chaleur.

Afin de conserver la souplesse de l'installation et de l'utilisation du système, il est préférable de sectionner la surface à chauffer en sections maximales de 200 mètres carrés. La longueur des conduites latérales ne doit pas dépasser 25 à 30 mètres; dans la majorité des cas, une dimension supérieure nécessite des débits élevés d'où des tuyaux de fort diamètre.

La pression d'opération maximale du réseau est de 100 kPa.

Il faut installer les collecteurs et les distributeurs dans une ou des tranchées prévues à cet effet. Ces dernières servent à recueillir et à évacuer l'eau en cas de fuite des jonctions et permettent la dilatation des tuyaux latéraux lors des changements de température. Cette dilatation peut atteindre 200 mm de longueur pour un tuyau de 30 mètres soumis à une différence de température de 55°C. Le schéma d'une telle installation est présenté à la figure 4.

Dans tous les cas, on doit éviter de mettre des jonctions de tuyaux directement dans le sol.

## Design du système

Le design du réseau de chauffage du sol est basé sur le choix d'une installation qui, à une profondeur et à un écartement donnés, permet d'atteindre la température voulue sans dépasser la température limite de l'eau.

### Profondeur

L'enfouissement des tuyaux doit se faire à au moins 300 mm. A une profondeur moindre, il devient dangereux d'atteindre les conduites lors du travail du sol. De

plus, il s'avère beaucoup plus difficile de conserver une température uniforme. Par contre, à plus de 450 mm, le système **devient** très inefficace tout en causant des problèmes lors de la mise en place.

### Écartement

Les limites **d'écartement** des tuyaux se situent entre 300 mm et **1200** mm. Une distance inférieure à 300 mm augmente les coûts de l'installation sans apporter d'avantages significatifs; un écart supérieur à 1200 mm occasionne souvent un chauffage **inégal**.

### Température de l'eau de chauffage

La température de l'eau de chauffage ne doit pas excéder **50°C**. La résistance du système dépasse cependant ce maximum, mais plusieurs documents rapportent un dessèchement du sol autour des tuyaux lors du maintien d'une température supérieure à **50°C**.

### Hausse de température du sol

L'augmentation maximale de température est de **15°C**.

Le choix des divers éléments dépend de la **température** du sol désirée, de celle du témoin et du différentiel de température acceptable. La température du sol témoin est celle d'un sol non chauffé, dans les mêmes **conditions** ambiantes.

La description de la méthode de design complète apparaît **dans le** document «Chauffage du sol en serre: recommandations et méthode de design des systèmes».

À partir des divers éléments requis, on obtient la profondeur et l'**écartement** du réseau de même que la température maximale de l'**eau** de chauffage.

La capacité de chauffage nécessaire est proportionnelle à la hausse de température du sol; celle de l'unité de chauffage **doit** être de 25% supérieure à la puissance requise.

Le débit total d'eau chaude dépend de la diminution acceptable de la température de l'eau tout au long de son parcours. Si on doit la conserver à une température très basse, le débit sera **élevé** et inversement.

Les tuyaux ont été dimensionnés pour limiter les vitesses de circulation de l'**eau** à 1 m/sec, ce qui permet de réduire les pertes de pression et d'obtenir ainsi un mouvement uniforme dans tous les tuyaux. En général, les conduites latérales de distribution de la chaleur ont un diamètre d'environ 25 mm et les distributeurs et les collecteurs, d'au moins **50 mm**.

### Matériaux et équipements

Pour les tuyaux latéraux, on préfère le **polyéthylène** à haute densité d'une capacité nominale de 550 kPa au minimum. Celle des collecteurs et des distributeurs doit être au moins de 690 kPa.

Les coudes, les jonctions et les réducteurs sont de nylon, d'acier ou de tout autre matériau approprié.

Les appareils destinés au chauffage du sol doivent **être** indépendants du système de chauffage principal de la serre **et fonctionner automatiquement**.

Les unités de chauffage fonctionnant au propane, au gaz naturel ou à l'huile domestique semblent les mieux adaptées. Elles offrent un plus grand choix de

puissance, une grande souplesse **d'utilisation** et exigent peu **d'entretien**.

### Régie du système de chauffage

Pour un **réseau** donné, la **température** du sol varie proportionnellement avec *ci* de l'eau utilisée.

Il faut mesurer les températures du sol chauffé à 150 mm de profondeur. Nous recommandons l'utilisation de thermomètres à tige métallique.

Afin d'avoir une bonne idée des températures du sol, on conseille de prendre les mesures à au moins 3 ou 4 endroits différents sur chaque section chauffée. Répartis sur toute la surface, à au moins un mètre des côtés, les thermomètres doivent être, autant que possible, protégés du soleil direct.

La modification de la température de l'**eau** permet de changer celle du sol. Comme le sol réagit assez lentement, il est préférable d'effectuer graduellement les changements de température. En aucun cas, la température de l'eau ne doit dépasser **50°C**.

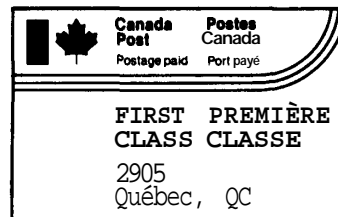
Le bon rendement d'un système de chauffage du sol vient d'un design et **d'une régie** appropriés.

Les quelques règles présentées peuvent donner une idée générale des besoins d'une installation de chauffage du sol. Avant d'effectuer la **mise** en place d'un tel système, il serait nettement préférable, pour le producteur, de **consulter les personnes** ressources à sa disposition **afin** d'obtenir tous **les renseignements nécessaires**.

Jean-Marc Boudreau, agronome et ingénieur  
Direction du **développement** et de la mise au point technique en génie rural.



Port de retour garanti  
Ministère de l'Agriculture,  
des Pêcheries et de  
l'Alimentation du Québec  
1140, rue Taillon  
Québec  
G1N 3T9



M. André Carrier A-58  
Edifice Verdier C.P. 459  
St Joseph Beauce  
GOS 2V0